

Original document

## Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage

Publication number: DE4319411 (A1)

Publication date: 1994-12-15

Inventor(s): SCHABERT HANS-PETER DIPL ING [DE];  
DRENCKHAHN WOLFGANG DR [DE]; VOLLMAR  
HORST DR [DE]

Applicant(s): SIEMENS AG [DE]

Classification:


- international: H01M8/04; H01M8/24; H01M8/12; H01M8/04;  
H01M8/24; H01M8/12; (IPC1-7): H01M8/12; H01M8/24


- European: H01M8/24B2H; H01M8/24D; H01M8/24D2


Application number: DE19934319411 19930614


Priority number (s): DE19934319411 19930614


Also published as:

 JP8506691  
(T)

 EP0704109  
(A1)

 EP0704109  
(B1)

 DK704109  
(T3)

 WO9429922  
(A1)

[more >>](#)

[View INPADOC patent family](#)

[View list of citing documents](#)

Abstract not available for **DE 4319411 (A1)**

The EPO does not accept any responsibility for the accuracy of data and information originating from other authorities than the EPO; in particular, the EPO does not guarantee that they are complete, up-to-date or fit for specific purposes. Description of **DE 4319411 (A1)**

[Translate this text](#)



Europäisches  
Patentamt  
European Patent  
Office  
Office européen  
des brevets

Description of DE4319411

Print

Copy

Contact Us

Close

## Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

The invention refers to a high temperature gas cell plant with a container and with at least in the container disposed high temperature gas cell pile.

A fuel cell stack covers several electrical, flat solid lying on top of one another solid electrolyte high temperature fuel cells connected in series. Here one bipolar plate each incorporated, which connects the cathode to cell with the anode this adjacent cell of the electrical conductive, is the gas distribution guarantees a supporting structural member represents between immediate adjacent cells.

In the fuel cell a process runs off, which essentially represents a reversal of the electrolysis. Reaction partners combustion reaction, which becomes fuel, generally hydrogen, and the oxidizer, generally air, separate supplied, whereby in a high temperature gas cell fuel and oxygen-leading leads are by ceramic solid electrolytes, which on both sides is provided with electrodes, from each other gastight a separate. In the operation electrons become discharged and at the oxygen-lateral electrode, the cathode, solid electrolytes electrons received at the fuel-lateral electrode, the anode, solid electrolytes. At the two electrodes solid electrolytes adjusts itself a potential difference, the open circuit voltage. The solid electrolyte has the function to separate the reactants to transfer the charges in the form of ions and to prevent at the same time an electron short-circuit between the two electrodes des Festelektrolyten. For this it must at the same time exhibit a low conductivity for electrons and an high conductivity for ions.

Such high temperature gas cells are suitable due to that relative high operating temperature - it lies within the range of 800 DEG to 1100 DEG C - contrary to low-temperature gas cells for it, except hydrogen gas also hydrocarbons, like z. B. Natural gas or liquid storable propane to convert. With high temperature gas cells high power densities are more achievable, order-of-magnitude-wise within the range of several 100 mW per cm<sup>2</sup> Cellflat lie. The single high temperature gas cell generated Leerlaufspannung of something over a volt. Other details to high temperature gas cells are in the "Fuel Cell Handbook" from Appleby and Foulkes, New York, 1989, to infer.

In which manner high temperature gas cells can be for example in force heat coupling plants used, is also the article "technical and wirtschaftliche aspects of the gas cell use in force heat coupling plants" from Drenckhahn, Lezu and riders in VGB power plant technology, tape 71, 1991, booklet 4, to infer.

In a high temperature gas cell plant usually in or several stacks of high temperature gas cells in a container are incorporated. The fuel and the oxidizer, usually air, become over external leads in heated and slight compressed form the anodes and/or. the cathodes of the high temperature gas cells supplied. The supply of the fuel is usually so designed with the fact that in the high temperature gas cells about 80% of the fuel spent will and the residual 20% of the fuel as well as with the reaction from hydrogen and oxygen ions of formed product water over pipings are to be exhausted. On the fuel side the gas mixture NIC discharged from the high temperature gas cells becomes recirculated, but catalytic after-combusted, whereby the free becoming energy becomes the preliminary heating of the reactants and/or the steam generation used.

On the cathode side the volume flow of the air is larger compared with the volume flow of the fuel around for instance a factor 8. In order not to only partly lose the heat content of the exhaust air mixture outgoing from the high temperature gas cells or in the container it to consolidate is conventional to at least partly exhaust the cathode-lateral exhaust air mixture over Rohrleit from the container again and lead back again over leads into the container. Here arise however a number of disadvantages:

With this known so called "mono block concept" (see. Fuji Electric Review, volume. 38, No. 2, side 58, and MBB in "trade paper" of 12.06.1990) places themselves high pressure losses on the distributor and collecting tank side, i.e., with the air-lateral gas cell inlets and/or. - discharge openings, which a compressor can compensate only with a relative high power demand. These pressure losses are appropriate for ordinary above approximately 50 mbar.

In the special with high electrical overall performances of the high temperature gas cell plant light is more discernible that on the cathode side significant problems insist by the variety of leads and derivatives as well as by the gas compressor. An hot, oxygen-containing cathode-lateral exhaust gas must consolidate the gas compressors, which particularly high maintenance costs, in the special at the moving parts of the compressor, caused. To the avoidance of this disadvantage it is from the DE-OS 40 21 known to cool the cathode-lateral exhaust air down first on below approximately 650 DEG C to consolidate then and heat subsequent again. Adverse way makes this embodiment the use of additional heat exchangers and the use additional amounts of heat required. Difficult one is beyond that the flexible transfer and the unification of this variety of single pipes on and the removal side of the cathodes.

The invention is the basis the object to indicate a high temperature gas cell plant to lead with the fuel of the oxidizers as a particularly small pressure loss and as high utilization of gaseous fuel and oxidizers in the high temperature gas cell plant.

This object becomes according to invention dissolved by the fact that a high temperature gas cell plant covers a container and mindest a disposed a high temperature gas cell pile in the container, whereby the high temperature gas cell pile is at least component of a separation, which separates an air admission area, which are air inlets of the high temperature gas cells associated, and an air outlet area, which are air outlets of the high temperature gas cells associated, in the container from each other gastight.

Thereby achieved becomes that cathode-laterally the oxidizer, usually air, into a single space, which air admission area, introduced and from only a single space, which becomes air outlet area, again discharged. This leads to a particularly small pressure loss with distributing and Samme of the oxidizer.

In particularly advantageous embodiment of the invention at least a site can be provided in the separation, at which the air located in the air outlet area is partly rezirkulierbar by means of the air incoming into the air admission area at least.

Thereby achieved becomes that the air in the all high temperature gas cells common air outlet area guided will and without conventional leading out from the container with subsequent densification outside of the container again into the air admission areas introduced, effluent from the high temperature gas cells, becomes. The hot air located in the air outlet area becomes at least partial by means of the flow movement of the somewhat cooler air recirculated incoming into the air admission area, whereby the air incoming into the air inlets of the high temperature gas cells has already about a temperature preferred to the operation of the high temperature gas cells.

A particularly favourable structure of the high temperature gas cell plant results, if several high temperature gas cell piles are annular immediate adjacent disposed together. Annular meant stacks several thereby auc that are in form of a polygon disposed. In this way luftzutritts and air outlet area particularly simple are to be separated in the container. The so called central room enclosed of the high temperature gas cell piles can be the air outlet area and corresponding so called annular space the air admission area located outside of the ring of the high temperature gas cell piles and reverse.

Since the pressure drop is small only relative one with the embodiment according to invention of the high temperature gas cell plant on the air side, it is convenient, if labyrinth chicaneries are used as means to the separation and/or seal. In this way a simple seal and separation of the luftzutritts can take place from the air outlet area also between the annular disposed high temperature gas cell piles.

As particularly simple and maintenance-free means for air recirculation a Luftstrahlpumpe (ejector) can be to the recirculation of the air located in the air outlet area used.

If the Luftstrahlpumpe in the cold state compressed and to it subsequent preheated air is supplyable, a particularly small power demand for the air compressor results, because the compressor relative cold air with relative high density compressed, before the air becomes preheated, which leads as well known to a decrease of the density of the air.

Other advantageous embodiments of the invention are to be taken from the remaining Unteransprüchen.

Embodiments of the invention become more near explained on the basis six figs. Show:

Fig. 1 a longitudinal section by a schematic represented high temperature gas cell plant;

Fig. 2 a section along line II-II in the high temperature gas cell plant in accordance with Fig. 1;

Fig. 3 in magnification in Fig. 2 in-dashed cutout III;

Fig. 4 in accordance with, integrated, into a force warm coupling plant the high temperature gas cell plant the Fig. 1;

Fig. 5 in magnification in Fig. 2 in-dashed cutout III with from partial piles constructed high temperature gas cell stack; and

Fig. 6 a schematic representation of the high temperature gas cell stack of the Fig constructed from partial piles. 5.

Into the Fig. 1 to 6 like parts same numerals have.

Fig. 1 shows a longitudinal section by a high temperature gas cell plant 1. In this plant 1 together are into a cylindrical reactor vessel 2 six high temperature gas cell piles 4 to 14 annular immediate bordering disposed (see. also Fig. 2). Each high temperature gas cell pile 4 to 14 consists of 416 planes with in each case 20 high temperature gas cells in a plane, so that in the case of an average power of approximately 2 watts per fuel cell and a number of 49,920 fuel cells a middle electric power of the high temperature gas cell plant 1 of approximately 100 KW results. In this embodiment an air outlet area becomes 16 by the annular disposed fuel piles 4 to 14 as well as by a exhaust air pipe 20 labyrinth chicaneries 24 and flow guide tubes 26 other provided with labyrinth chicaneries 18 for cathode-lateral exhaust air 22 and in relation to an air admission area, the so called annular space 28, defined and sealed, the exclusive openings 30 in the flow guide tubes 26. Underneath the high temperature gas cell piles 4 to 14 central is in the central room 16 a Luftstrahlpumpe 32 disposed, which becomes over an air supply line 34 preheated compressed air 36 supplied. The air supply connecting pieces 38 with their nozzles rise up into the flow guide tubes 26 serving as intakes.

In the upper part of the high temperature gas cell piles 4 to 14 in each case a fuel supply line 40 and in each case an exhaust duct 42 connected are at each stack 4 to 14. Over the fuel supply line 40 the stacks 4 to 14 a gas mixture 44, existing becomes from before compressed and heated hydrogen gas, still unreformiertem natural gas and water, recovered by the reformation of natural gas, supplied. Over the exhaust duct 42 an exhaust gas 46, existing effluent from the stacks 4 to 14 becomes from not spent hydrogen gas and the product water formed with the combustion reaction, discharged.

With the operation of the high temperature gas cell plant 1 with a performance of approximately 100 KW, selected in the embodiment, over the air supply line 34 for instance on 700 DEG heated air 36 with a mass flow is advanced by 60 g per second, which corresponds to a volume flow of approximately 210 liters per second. By means of the Luftstrahlpumpe 32, subject with the air supply connecting pieces 38, the air 36 into the annular space 28 is eingedüst. The air 36 eingedüst into the annular space 28 tears a part of the exhaust air 22 with itself, warm in the central room 16 located and about 1000 DEG C, so that the air temperature in the annular space amounts to 28 about 900 DEG C and the mass flow about 180 g per second, which corresponds to a volume flow of approximately 650 liters per second. By corresponding flow guidance in the single high temperature gas cells, which subsequent still in Fig. 3 explained will, becomes so the pressure difference between annular space 28 and central room 16 on only about 5 mbar limited. This small pressure loss makes the use of simple labyrinth chicaneries 18, 24 the seal of the central room 16 against the annular space 28 possible. Since the air 36 already in the cold state compressed introduced into the Luftstrahlpumpe 32 is, the power demand of the compressor required in addition is so small that an entire leakage cross section of in the embodiment about 60 cms<sup>2</sup> acceptable is, particularly this only about 2% of the Gesamtquerschnitts of the air stream channels in the not other represented bipolar plates in Fig. 1 other represented high temperature gas cells does not constitute.

The oxygen about 900 DEG C of the warm air of exhaust air mixture 22, 36 incoming into the fuel cells becomes converted at the cathodes of the high temperature gas cells in oxygen ions. Required the for this electrons become formed at the anodes of the high temperature gas cells by the oxidation of the hydrogen gas, which has on the average a total volume stream of 80 liters per second, contained in the gas mixture 44. The electrons formed at the anodes do not flow over here other represented external electric circuit to the cathodes, whereby the oxygen ions flow by between anode and cathode disposed oxygen ions conductive electrolytes and form anode-laterally with the hydrogen ions waters. This product water becomes 2 discharged together with not spent hydrogen gas as anode exhaust gas 46 over the exhaust duct 42 from the container. Since the anode exhaust gas becomes 46 introduced into tubes with relative small cross section, the pressure drop on the anode side amounts to about 50 mbar. This pressure drop is however insignificant, since the gas mixture does not become 44 after for instance 80%iger utilization of gaseous fuel again into the fuel cells recirculated, but subsequent combusted becomes, which to Fig. 4 still appended explained becomes.

The atmospheric oxygen not spent in the fuel cells flows together with the inert components of the air 36 as exhaust air 22 into the central room 16. Like already described, a part of this exhaust air becomes 22, i.e. about 120 g per second, by means of the Luftstrahlpumpe 32 into the annular space 28 recirculated. The remaining exhaust air 22 becomes with a mass flow of 60 g per second over the exhaust air pipe 20 discharged, subsequent combusted with the anode exhaust gas 46 combined and.

In Fig. 2 represented section along line II-II in Fig. 1 clarifies again, on which manner the fuel cell stacks 4 to 14 component of a separation are, which separates the central room 16 from the annular space 28. The number that is immediate gastight together bordering fuel cell stack 4 to 14 dependent of the desired performance of the high temperature gas cell plant 1 within wide limits free more selectable.

In Fig. 3 is in Fig. 2 in-dashed cutout III enlarged shown. It shows exemplary in schematic representation the structure of a plane 50, existing from 20 high temperature gas cells 50a to 50t with a dimension of for instance in each case 5x5 mm. The high temperature gas cells 50a to 50t are after type matrix in four lines and five gaps of a disposed. Cathode-laterally, thus on the air side, in the plane 50 four parallel channels with in each case five fuel cells connected in series are flowed through. These are in detail the channels for the high temperature gas cells 50a to 50e, 50f to 50j, 50k to 50o and 50p to 50t. Anodenseitig, D. h. on the hydrogen gas side, the gas mixture becomes 44 36, in sequence by the high temperature gas cells 50a guided in the cross direct current to the exhaust air air mixture 22, f, k, p, q, l, g, b, C, h, m, r, s, n, i, D, e, j, o, t. Likewise it would be however also more conceivable to lead the reactants in the cross counter current which would mean, for example the gas mixture 44 precise opposite to the representation in Fig. 3 would flow.

In advantageous manner the composition of the anodes and cathodes can, and/or. their occupancy with catalysts, of flowmoderate high temperature gas cells different connected in series its, so that an internal reformation of the natural gas present in the gas mixture 44 does not run off to sudden and also to strong local undercooling, whereby in the single planes thermal stresses avoided to become to be able. This can mean in detail that for example the concentration increases in catalysts on the surface of the anode in flow direction of the gas mixture 44. At Fig. 3 is also again explicit shown that not other represented air passages of the bipolar plates in the annular space 28 begin here and end in the central room 16 of a cylinder assembly (cylindrical reactor vessel compares 2). In this way the pressure loss becomes with distributing the exhaust air air mixture 22, 36 and a 22 particularly in each case small when collecting the exhaust air. Thereby the power demand for the air compressor becomes a particularly small, which stands contrary to the conventional compressor capacities of high temperature gas cell plants, with those the exhaust air 22 and the air 36 the high temperature gas cell piles over tubes off and/or. supplied becomes.

In fig. 4 is schematically illustrated, in which manner the high temperature gas cell plant in accordance with 1 the Fig. 1 to 3 into a force warm coupling plant 60 integrated is. With the description of Fig. 4 is to be essentially described an air supply strand 62, a fuel supply strand 64, an exhaust air strand 66 and an exhaust strand 68. In the Fig. 4 in the flow strands 62 to 68 shown arrows indicates the flow direction of the respective flow medium.

Into the air supply strand 62 in sequence an induced draught blower 70, the secondary side of a first air preheater 72, is the secondary side of a second air preheater 74 and the Luftstrahlpumpe 32 incorporated. Into the fuel supply strand 64 an induced draught blower 78 and the secondary side of a Vorreformer 80 incorporated on the basis of a natural gas memory 76. The exhaust air strand 66 begins 80 to a burner 82 at the central room 16 and leads across the primary side of the Vorreformer. The exhaust strand 68 flows on the basis of the high temperature gas cell piles 4, 6 direct into the burner 82. By the burner 82 out the exhaust strand 68 and the exhaust air strand become 66 common in sequence by the primary side of the second air preheater 74, the primary side of a steam generator 84, the primary side of the first air preheater 72 and finally into a chimney 86 guided. From the secondary side of the steam generator 84 outgoing a steam supply line 90 over a valve 88 into the fuel supply strand 64 flows, into flow direction of the natural gas between the induced draught blower 78 and the secondary side of the Vorreformer 80. In addition a steam uncoupling is 92 connected at the steam supply line 90, which leads to here a not other represented turbine to the power generation.

With the operation of the force warm coupling plant 60 with a high temperature gas cell plant 1 with an electric power of approximately 100 KW the Luftstrahlpumpe 32 about 700 DEG hot air with a mass flow of approximately 60 g per second becomes almost pressureless supplied. Here the air became mentioned heated over the air supply strand by means of the induced draught blower carries and on the secondary sides of the first and second Luftwärmers 72, 74 on the temperature. In addition the high temperature gas cell plant 1 natural gas with a temperature of approximately 1000 DEG supplied, removed by means of the induced draught blower 78 from the natural gas memory 76, becomes. The temperature of the natural gas becomes 80 set on the secondary side of the Vorreformer. Here also the natural gas becomes for instance the half before-reformed. By the introduction of steam over the steam supply line 90 and the valve 88 into the natural gas each soot formation avoided becomes due to the reformation of the natural gas in the Vorreformer 80 and due to the high temperatures.

In the high temperature gas cell plant 1 then bottom consumption of atmospheric oxygen and hydrogen runs off the already described burn reaction. The air-lateral mass flow in the annular space amounts to 28 about 180 g per second. By means of the Luftstrahlpumpe 32 thereby about 120 g per second of the air located in the central room 16 become 16 into the annular space 28 and thus into the high temperature gas cell piles 4, 6 recirculated. The natural gas becomes approximately 80% in the high temperature gas cell plant 1 spent and over the exhaust strand 68 into the burner 82 introduced. Over the exhaust air course 66 the air still located in the central room becomes 82 introduced over the primary side of the Vorreformer 80, whereby the heat content of the exhaust air in advantageous manner becomes the Vorreformierung of the natural gas used, likewise into the burner.

Into the burner 82 still the hydrogen molecules and hydrocarbons as well as still the oxygen combusted, contained contained in the gas mixture 44, in the exhaust air 22 become. The heat content of the burner exhaust gas in the exhaust air exhaust strand 66, 68 becomes first partly in the second air preheater 74 on the supplied air the preliminary heating transferred, then in the steam generator 84 to the steam generation used and subsequent in the first air preheater to the initial temperature increase that the high temperature gas cell plant 1 supplied air used. To a large extent cooled down burner exhaust gas becomes subsequent guided over the chimney 86 in the free.

In Fig. 5 is in Fig. 3 represented cutout again shown. Contrary to Fig. 3 is however the fuel cell stack 14 against a fuel cell stack 94 exchanged, that from ten one above the other disposed partial piles 94a to 94j exists (Fig compares. 6). In a plane 96 of the high temperature gas cell pile 94 are now 16 high temperature gas cells 96a to 96p disposed. These high temperature gas cells 96 to 96p become just like the fuel cells 50 to 50t of the Fig. 3 in the cross DC of that exhaust air/air mixture 22, 36 and the gas mixture 44, which essentially contain hydrogen, flows through. Cathode-laterally, thus on the air side, in the plane 96 four parallel channels with in each case four high temperature gas cells connected in series are flowed through. These are in detail channels for the high temperature gas cells 96a to 96d, 96e to 96h, 96i to 96l and 96m to 96p. Anode-laterally, D. h. on the hydrogen gas side, the gas mixture 44 in the cross DC becomes that exhaust air/air mixture 22, 36 guided in sequence by the high temperature gas cells 96a, e, i, m, n, j, f, b, C, g, k, o, p, l, h, D.

This structure of the plane 96 permitted it to lead the fuel supply line 40 and the exhaust duct 42 on the same side of the partial pile 94a. Like Fig. 6 explanation, is the partial piles 94a to 94j alternate on opposite sides to the fuel supply line 40 and the exhaust duct 42 connected. In this way will it particularly simple to remove a defective partial pile from the high temperature gas cell pile 94.

The other the production of a smaller partial pile 94a to 94j is significant simple than the production of a single large stack, because in special force of gravity effects insignificant with soldering the single fuel cells to a solid stack do not work stacked high temperature gas cells one above the other by the dead weight. The operation of a high temperature gas cell plant 1 with in Fig. 5 and 6 partial piles shown is opposite also safe the fuel cell stack existing from a single block 4 to 14, because in the case by leakages local burn-ups by oxygen and hydrogen on that limited remains for relative small area of a partial pile 94a to 94j.

The reactor variant with a performance of 100 KW, shown in the embodiments, can be increased easily with pressureless, thus atmospheric, operation on 400 to 600 KW. For this can become for example the number of the annular disposed high temperature gas cell piles 4 to 14, 94 by in the embodiment six stacks on twelve stacks doubled. The other several reactor vessel can be 2 one above the other disposed.



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 43 19 411 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
H 01 M 8/12  
H 01 M 8/24

②1 Aktenzeichen: P 43 19 411.7  
②2 Anmeldetag: 14. 6. 93  
④3 Offenlegungstag: 15. 12. 94

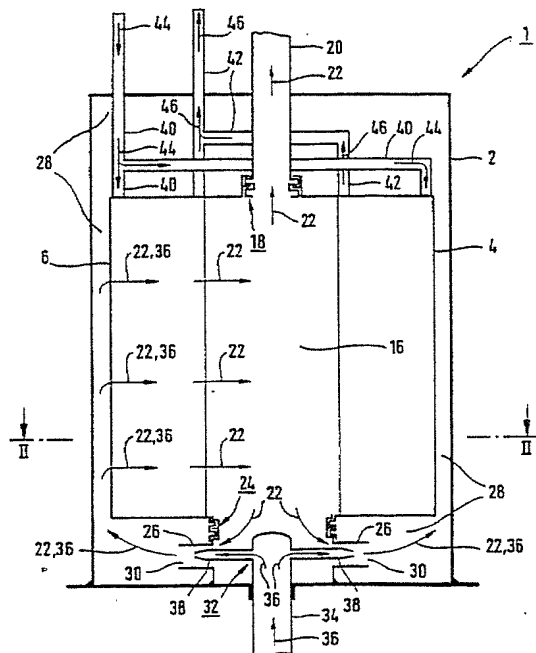
DE 43 19 411 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Schabert, Hans-Peter, Dipl.-Ing., 8520 Erlangen, DE;  
Drenckhahn, Wolfgang, Dr., 8520 Erlangen, DE;  
Voilmar, Horst, Dr., 8522 Herzogenaurach, DE

⑤4 Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage

⑤7 Um einen konstruktiv besonders einfachen Aufbau einer Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage (1) und einen besonders niedrigen Leistungsbedarf für den luftseitigen Verdichter (70) zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß mindestens ein in einem Behälter (2) angeordneter Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel (4-14) zumindest Bestandteil einer Abtrennung ist, die im Behälter (2) einen Luftzutrittsraum (28), dem Lufteinlässe der Hochtemperaturbrennstoffzellen zugeordnet sind, und einen Luftaustrittsraum (16), dem Luftauslässe der Hochtemperaturbrennstoffzellen zugeordnet sind, voneinander gasdicht trennt, ausschließlich mindestens einer Stelle in dieser Abtrennung, an der die im Luftaustrittsraum (16) befindliche Luft (22) zumindest teilweise mittels der in den Luftzutrittsraum (16) einströmenden Luft (16) rezirkulierbar ist. Hierdurch wird erreicht, daß der Verdichter kalte, relativ dichte Luft verdichtet, und eine Rezirkulation der heißen Luft (22) im Behälter (2) ohne den Einsatz beweglicher Teile durchführbar ist. Die Erfindung ist prinzipiell bei allen Hochtemperaturbrennstoffzellenanlagen anwendbar.



DE 43 19 411 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 94 408 050/219

10/34

Die Erfindung bezieht sich auf eine Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage mit einem Behälter und mit mindestens einem in dem Behälter angeordneten Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel.

Ein Brennstoffzellenstapel umfaßt mehrere elektrisch in Serie geschaltete, plane fest aufeinanderliegende Festelektrolyt-Hochtemperatur-Brennstoffzellen. Hierbei sind zwischen unmittelbar benachbarten Zellen je eine bipolare Platte eingebaut, die die Kathode der einen Zelle mit der Anode der dieser benachbarten Zelle elektrisch leitend verbindet, die Gasverteilung sicherstellt und ein tragendes Strukturelement darstellt.

In der Brennstoffzelle läuft ein Prozeß ab, der im wesentlichen eine Umkehrung der Elektrolyse darstellt. Die Reaktionspartner der Verbrennungsreaktion, der Brennstoff, im allgemeinen Wasserstoff, und der Sauerstoffträger, im allgemeinen Luft, werden getrennt zugeführt, wobei in einer Hochtemperaturbrennstoffzelle die Brennstoff- und Sauerstoff-führenden Zuleitungen durch einen keramischen Festelektrolyten, der auf beiden Seiten mit Elektroden versehen ist, voneinander gasdicht getrennt sind. Im Betrieb werden an der brennstoffseitigen Elektrode, der Anode, des Festelektrolyten Elektronen abgegeben und an der sauerstoffseitigen Elektrode, der Kathode, des Festelektrolyten Elektronen aufgenommen. An den beiden Elektroden des Festelektrolyten stellt sich eine Potentialdifferenz, die Leerlaufspannung, ein. Der Festelektrolyt hat die Funktion, die Reaktanten zu trennen, die Ladungen in Form von Ionen zu überführen und zugleich einen Elektronenkurzschluß zwischen den beiden Elektroden des Festelektrolyten zu verhindern. Hierzu muß er eine niedrige Leitfähigkeit für Elektronen und zugleich eine hohe Leitfähigkeit für Ionen aufweisen.

Solche Hochtemperaturbrennstoffzellen eignen sich infolge der relativ hohen Betriebstemperatur — sie liegt im Bereich von 800° bis 1100° C — im Gegensatz zu Niedertemperaturbrennstoffzellen dazu, außer Wasserstoffgas auch Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Erdgas oder flüssig speicherbares Propan, umzusetzen. Mit Hochtemperaturbrennstoffzellen sind hohe Leistungsdichten erreichbar, die größenordnungsmäßig im Bereich von mehreren 100 mW pro cm<sup>2</sup> Zellfläche liegen. Die einzelne Hochtemperaturbrennstoffzelle erzeugt eine Leerlaufspannung von etwas über einem Volt. Weitere Einzelheiten zu Hochtemperaturbrennstoffzellen sind in dem "Fuel Cell Handbook" von Appleby and Foulkes, New York, 1989, zu entnehmen.

In welcher Weise Hochtemperaturbrennstoffzellen beispielsweise in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen verwendet sein können, ist auch dem Aufsatz "Technische und wirtschaftliche Aspekte des Brennstoffzellen-Einsatzes in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen" von Drenckhahn, Lezuo und Reiter in VGB Kraftwerkstechnik, Band 71, 1991, Heft 4, zu entnehmen.

In einer Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage sind meist ein oder mehrere Stapel von Hochtemperaturbrennstoffzellen in einem Behälter eingebaut. Der Brennstoff und der Sauerstoffträger, meist Luft, werden über externe Zuleitungen in erhitzter und geringfügig verdichteter Form den Anoden bzw. den Kathoden der Hochtemperaturbrennstoffzellen zugeführt. Die Zufuhr des Brennstoffes ist dabei meist so ausgelegt, daß in den Hochtemperaturbrennstoffzellen etwa 80% des Brennstoffes verbraucht werden und die restlichen 20% des Brennstoffes zusammen mit dem bei der Reaktion aus

Wasserstoff- und Sauerstoffionen gebildeten Produktwassers über Rohrleitungen abzuführen sind. Auf der Brennstoffseite wird das aus den Hochtemperaturbrennstoffzellen abgeführte Gasgemisch nicht rezirkuliert, sondern katalytisch nachverbrannt, wobei die frei werdende Energie zur Vorwärmung der Reaktanten und/oder zur Dampferzeugung genutzt wird.

Auf der Kathodenseite ist der Volumenstrom der Luft im Vergleich zu dem Volumenstrom des Brennstoffes um etwa einen Faktor 8 größer. Um den Wärmehalt des aus den Hochtemperaturbrennstoffzellen austretenden Abluftgemisches nicht oder nur teilweise im Behälter zu verlieren, ist es üblich, das kathodenseitige Abluftgemisch zumindest teilweise über Rohrleitungen aus dem Behälter abzuführen, erneut zu verdichten und wieder über Zuleitungen in den Behälter zurückzuführen. Hierbei treten jedoch eine Reihe von Nachteilen auf:

Bei diesem bisher bekannten sogenannten "Mono-Block-Konzept" (vgl. Fuji Electric Review, Vol. 38, No. 2, Seite 58, und MBB in "Handelsblatt" vom 12.06.1990) stellen sich hohe Druckverluste auf der Verteiler- und Sammlerseite, das heißt, bei den luftseitigen Brennstoffzelleneinlässen bzw. -auslässen, ein, die ein Verdichter nur mit einem relativ hohen Leistungsbedarf kompensieren kann. Diese Druckverluste liegen gewöhnlich oberhalb etwa 50 mbar.

Im besonderen bei hohen elektrischen Gesamtleistungen der Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage ist leicht erkennbar, daß auf der Kathodenseite erhebliche Probleme durch die Vielzahl von Zuleitungen und Ableitungen sowie durch den Gasverdichter bestehen. Dieser Gasverdichter muß ein heißes, sauerstoffhaltiges kathodenseitiges Abgas verdichten, was einen besonders hohen Wartungsaufwand, im besonderen an den beweglichen Teilen des Verdichters, verursacht. Zur Vermeidung dieses Nachteils ist es aus der DE-OS 40 21 097 bekannt, die kathodenseitige Abluft zunächst auf unterhalb etwa 650°C abzukühlen, dann zu verdichten und anschließend wieder aufzuheizen. Nachteiligerweise macht diese Ausgestaltung die Verwendung zusätzlicher Wärmetauscher und den Einsatz zusätzlicher Wärmemengen erforderlich. Schwierig ist darüber hinaus die biegeeweiche Verlegung und die Zusammenführung dieser Vielzahl von Einzelrohren auf der Zu- und Abführungsseite der Kathoden.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage anzugeben, bei der der Brennstoff- und der Sauerstoffträger mit einem besonders geringen Druckverlust und mit hoher Ausnutzung von Brenngas- und Sauerstoffträger in der Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage zu führen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage einen Behälter und mindestens einen in dem Behälter angeordneten Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel umfaßt, wobei der Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel zumindest Bestandteil einer Abtrennung ist, die im Behälter einen Luftzutrittsraum, dem Lufterlässe der Hochtemperaturbrennstoffzellen zugeordnet sind, und einen Luftaustrittsraum, dem Luftauslässe der Hochtemperaturbrennstoffzellen zugeordnet sind, voneinander gasdicht trennt.

Hierdurch wird erreicht, daß kathodenseitig der Sauerstoffträger, meist Luft, in einen einzigen Raum, den Luftzutrittsraum, eingeleitet und aus nur einem einzigen Raum, dem Luftaustrittsraum, wieder abgeführt wird. Dies führt zu einem besonders geringen Druckverlust beim Verteilen und Sammeln des Sauerstoffträgers.

In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann in der Abtrennung mindestens eine Stelle vorgesehen sein, an der die im Luftaustrittsraum befindliche Luft mittels der in den Luftzutrittsraum einströmenden Luft zumindest teilweise rezirkulierbar ist.

Hierdurch wird erreicht, daß die aus den Hochtemperaturbrennstoffzellen ausströmende Luft in den allen Hochtemperaturbrennstoffzellen gemeinsamen Luftaustrittsraum geführt wird und ohne die bisher übliche Herausführung aus dem Behälter mit anschließender Verdichtung außerhalb des Behälters wieder in die Luftzutrittsräume eingeleitet wird. Dabei wird die heiße, im Luftaustrittsraum befindliche Luft zumindest teilweise mittels der Strömungsbewegung der etwas kühleren in den Luftzutrittsraum einströmenden Luft rezirkuliert, wodurch die in die Lufteinlässe der Hochtemperaturbrennstoffzellen einströmende Luft bereits etwa eine zum Betrieb der Hochtemperaturbrennstoffzellen bevorzugte Temperatur hat.

Ein besonders vorteilhafter Aufbau der Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage ergibt sich, wenn mehrere Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel ringförmig unmittelbar aneinander angrenzend angeordnet sind. Ringförmig bedeutet dabei auch, daß mehrere Stapel in Form eines Vielecks angeordnet sind. Auf diese Weise sind in dem Behälter Luftzutritts- und Luftaustrittsraum besonders einfach zu trennen. Dabei kann der von den Hochtemperaturbrennstoffzellenstapeln eingeschlossene sogenannte Zentralraum der Luftaustrittsraum und entsprechend der außerhalb des Ringes der Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel liegende sogenannte Ringraum der Luftzutrittsraum sein und umgekehrt.

Da der Druckabfall bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage auf der Luftseite nur relativ gering ist, ist es zweckmäßig, wenn Labyrinthschikanen als Mittel zur Abtrennung und/oder Dichtung eingesetzt sind. Auf diese Weise kann eine einfache Abdichtung und Trennung des Luftzutritts- vom Luftaustrittsraum auch zwischen den ringförmig angeordneten Hochtemperaturbrennstoffzellenstapeln erfolgen.

Als besonders einfaches und wartungsfreies Mittel zur Luftrezirkulation kann eine Luftstrahlpumpe (ejector) zur Rezirkulation der im Luftaustrittsraum befindlichen Luft verwendet sein.

Wenn der Luftstrahlpumpe im kalten Zustand verdichtete und daran anschließend vorgewärmte Luft zuführbar ist, ergibt sich ein besonders geringer Leistungsbedarf für den Luftverdichter, weil der Verdichter relativ kalte Luft mit relativ hoher Dichte verdichtet, bevor die Luft vorgewärmt wird, was bekanntlich zu einer Abnahme der Dichte der Luft führt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand von sechs Figuren näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine schematisch dargestellte Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage;

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie II-II in der Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage gemäß Fig. 1;

Fig. 3 in Vergrößerung den in Fig. 2 eingestrichelten Ausschnitt III;

Fig. 4 die in eine Kraftwärmekopplungsanlage integrierte Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage gemäß der Fig. 1;

Fig. 5 in Vergrößerung den in Fig. 2 eingestrichelten Ausschnitt III mit einem aus Teilstapeln aufgebauten Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapel; und

Fig. 6 eine schematische Darstellung des aus Teilstapeln aufgebauten Hochtemperaturbrennstoffzellen-Stapels der Fig. 5.

In den Fig. 1 bis 6 gleiche Teile haben gleiche Bezugszeichen.

Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch eine Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage 1. In dieser Anlage 1 sind in einen zylinderförmigen Reaktorbehälter 2 sechs Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel 4 bis 14 ringförmig unmittelbar aneinander grenzend angeordnet (vgl. auch Fig. 2). Jeder Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel 4 bis 14 besteht aus 416 Ebenen mit jeweils 20 Hochtemperaturbrennstoffzellen in einer Ebene, so daß sich bei einer mittleren Leistung von etwa 2 Watt pro Brennstoffzelle und einer Anzahl von 49 920 Brennstoffzellen eine mittlere elektrische Leistung der Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage 1 von etwa 100 kW ergibt. In diesem Ausführungsbeispiel wird ein Luftaustrittsraum 16 durch die ringförmig angeordneten Brennstapel 4 bis 14 sowie durch ein mit Labyrinthschikanen 18 versehenes Abluftrohr 20 für kathodenseitige Abluft 22 und weiteren Labyrinthschikanen 24 und Strömungsführungsrohren 26 gegenüber einem Luftzutrittsraum, dem sogenannten Ringraum 28, abgegrenzt und abgedichtet, ausschließlich der Öffnungen 30 in den Strömungsführungsrohren 26. Unterhalb der Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel 4 bis 14 ist zentral im Zentralraum 16 eine Luftstrahlpumpe 32 angeordnet, der über eine Luftzuführungsleitung 34 vorgewärmte verdichtete Luft 36 zugeführt wird. Dabei ragen die Luftzuführungsstutzen 38 mit ihren Düsen in die als Ansaugstutzen dienenden Strömungsführungsrohre 26.

Im oberen Teil der Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage 1 sind an jeden Stapel 4 bis 14 jeweils eine Brennstoffzuführungsleitung 40 und jeweils eine Abgasleitung 42 angeschlossen. Über die Brennstoffzuführungsleitung 40 wird den Stapeln 4 bis 14 ein Gasgemisch 44, bestehend aus zuvor verdichtetem und erhitztem, durch die Reformierung von Erdgas gewonnenem Wasserstoffgas, noch unreformiertem Erdgas und Wasser, zugeführt. Über die Abgasleitung 42 wird ein aus den Stapeln 4 bis 14 ausströmendes Abgas 46, bestehend aus nicht verbrauchtem Wasserstoffgas und dem bei der Verbrennungsreaktion gebildeten Produktwasser, abgeführt.

Beim Betrieb der Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage 1 mit einer im Ausführungsbeispiel gewählten Leistung von etwa 100 kW wird über die Luftzuführungsleitung 34 etwa auf 700° aufgeheizte Luft 36 mit einem Massenstrom von 60 g pro Sekunde herangeführt, was einem Volumenstrom von etwa 210 Litern pro Sekunde entspricht. Mittels der Luftstrahlpumpe 32, gegenständlich mit den Luftzuführungsstutzen 38, wird die Luft 36 in den Ringraum 28 eingedüst. Dabei reißt die in den Ringraum 28 eingedüste Luft 36 einen Teil der im Zentralraum 16 befindlichen und etwa 1000°C warmen Abluft 22 mit sich, so daß die Lufttemperatur im Ringraum 28 etwa 900°C und der Massenstrom etwa 180 g pro Sekunde beträgt, was einem Volumenstrom von etwa 650 Litern pro Sekunde entspricht. Durch entsprechende Strömungsführung in den einzelnen Hochtemperaturbrennstoffzellen, was nachfolgend noch in Fig. 3 erläutert wird, wird so die Druckdifferenz zwischen Ringraum 28 und Zentralraum 16 auf nur etwa 5 mbar begrenzt. Dieser geringe Druckverlust macht die Verwendung von einfachen Labyrinthschikanen 18, 24 zur Abdichtung des Zentralraums 16 gegen den Ringraum 28 möglich. Da die in die Luftstrahlpumpe 32 ein-

gebrachte Luft 36 bereits im kalten Zustand verdichtet worden ist, ist der Leistungsbedarf des dazu benötigten Verdichters so gering, daß ein Gesamtleckquerschnitt von im Ausführungsbeispiel etwa 60 cm<sup>2</sup> unbedenklich ist, zumal dies nur etwa 2% des Gesamtquerschnitts der Luftführungskanäle in den nicht weiter dargestellten bipolaren Platten der in Fig. 1 nicht weiter dargestellten Hochtemperaturbrennstoffzellen ausmacht.

Der in die Brennstoffzellen einströmende Sauerstoff des etwa 900°C warmen Luft-Abluftgemisches 22, 36 wird an den Kathoden der Hochtemperaturbrennstoffzellen in Sauerstoffionen umgewandelt. Die hierzu erforderlichen Elektronen werden an den Anoden der Hochtemperaturbrennstoffzellen durch die Oxidation des im Gasgemisch 44 enthaltenen Wasserstoffgases, das im Mittel einen Gesamtvolumenstrom von 80 Litern pro Sekunde hat, gebildet. Die an den Anoden gebildeten Elektronen fließen über einen hier nicht weiter dargestellten externen Stromkreis an die Kathoden, wobei die Sauerstoffionen durch einen zwischen Anode und Kathode angeordneten Sauerstoffionen leitenden Elektrolyten fließen und anodenseitig mit den Wasserstoffionen Wasser bilden. Dieses Produktwasser wird zusammen mit nicht verbrauchtem Wasserstoffgas als Anodenabgas 46 über die Abgasleitung 42 aus dem Behälter 2 abgeführt. Da das Anodenabgas 46 in Rohre mit relativ kleinem Querschnitt eingeleitet wird, beträgt der Druckabfall auf der Anodenseite etwa 50 mbar. Dieser Druckabfall ist jedoch unerheblich, da das Gasgemisch 44 nach etwa 80%iger Brenngasausnutzung nicht wieder in die Brennstoffzellen rezirkuliert wird, sondern nachfolgend verbrannt wird, was zu Fig. 4 noch nachstehend erläutert wird.

Der in den Brennstoffzellen nicht verbrauchte Luft-sauerstoff strömt zusammen mit den inerten Bestandteilen der Luft 36 als Abluft 22 in den Zentralraum 16. Wie bereits beschrieben, wird ein Teil dieser Abluft 22, nämlich etwa 120 g pro Sekunde, mittels der Luftstrahlpumpe 32 in den Ringraum 28 rezirkuliert. Die übrige Abluft 22 wird mit einem Massenstrom von 60 g pro Sekunde über das Abluftrohr 20 abgeführt, nachfolgend mit dem Anodenabgas 46 zusammengeführt und verbrannt.

Der in Fig. 2 dargestellte Schnitt entlang der Linie II-II in Fig. 1 verdeutlicht noch einmal, auf welcher Weise die Brennstoffzellenstapel 4 bis 14 Bestandteil einer Abtrennung sind, die den Zentralraum 16 von dem Ringraum 28 trennt. Dabei ist die Anzahl der unmittelbar gasdicht aneinander grenzenden Brennstoffzellenstapel 4 bis 14 abhängig von der gewünschten Leistung der Hochtemperaturbrennstoffzellen-Anlage 1 in weiten Grenzen frei wählbar.

In Fig. 3 ist der in Fig. 2 eingestrichelte Ausschnitt III vergrößert dargestellt. Er zeigt exemplarisch in schematischer Darstellung den Aufbau einer Ebene 50, bestehend aus 20 Hochtemperaturbrennstoffzellen 50a bis 50t mit einer Abmessung von jeweils etwa 5 x 5 mm. Die Hochtemperaturbrennstoffzellen 50a bis 50t sind nach Art einer Matrix in vier Zeilen und fünf Spalten angeordnet. Kathodenseitig, also auf der Luftseite, werden in der Ebene 50 vier parallele Kanäle mit jeweils fünf in Reihe geschaltete Brennstoffzellen durchströmt. Dies sind im einzelnen die Kanäle für die Hochtemperaturbrennstoffzellen 50a bis 50e, 50f bis 50j, 50k bis 50o und 50p bis 50t. Anodenseitig, d. h. auf der Wasserstoffgas-seite, wird das Gasgemisch 44 im Kreuzgleichstrom zu dem Abluft-Luftgemisch 22, 36 geführt, und zwar der Reihe nach durch die Hochtemperaturbrennstoffzellen 50a, f, k, p, q, l, g, b, c, h, m, r, s, n, i, d, e, j, o, t. Ebenso wäre

es jedoch auch denkbar, die Reaktanten im Kreuzgegenstrom zu führen, was bedeuten würde, daß beispielsweise das Gasgemisch 44 genau entgegengesetzt zu der Darstellung in Fig. 3 strömen würde.

In vorteilhafter Weise kann die Zusammensetzung der Anoden und Kathoden, bzw. deren Belegung mit Katalysatoren, von strömungsmäßig in Serie geschalteten Hochtemperaturbrennstoffzellen unterschiedlich sein, damit eine interne Reformierung des im Gasgemisch 44 vorhandenen Erdgases nicht zu plötzlich und mit zu starker örtlicher Unterkühlung abläuft, wodurch in den einzelnen Ebenen Wärmespannungen vermieden werden können. Dies kann im einzelnen bedeuten, daß beispielsweise die Konzentration an Katalysatoren auf der Oberfläche der Anode in Strömungsrichtung des Gasgemisches 44 zunimmt. An Fig. 3 ist auch nochmals explizit gezeigt, daß die hier nicht weiter dargestellten Luftkanäle der bipolaren Platten im Ringraum 28 beginnen und im Zentralraum 16 einer Zylinderanordnung (vergleiche zylinderförmiger Reaktorbehälter 2) enden. Auf diese Weise wird der Druckverlust beim Verteilen des Abluftluftgemisches 22, 36 und beim Sammeln der Abluft 22 jeweils besonders klein. Hierdurch wird der Leistungsbedarf für den Luftverdichter besonders klein, was im Gegensatz zu den bisher üblichen Verdichterleistungen von Hochtemperaturbrennstoffzellenanlagen steht, bei denen die Abluft 22 und die Luft 36 den Hochtemperaturbrennstoffzellenstapeln über Rohre ab- bzw. zugeführt wird.

In Abb. 4 ist schematisch dargestellt, in welcher Weise die Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage 1 gemäß der Fig. 1 bis 3 in eine Kraftwärmekopplungsanlage 60 integriert ist. Bei der Beschreibung der Fig. 4 sind im wesentlichen ein Luftzuführungsstrang 62, ein Brennstoffzuführungsstrang 64, ein Abluftstrang 66 und ein Abgasstrang 68 zu erläutern. Die in der Fig. 4 in den Strömungssträngen 62 bis 68 eingezeichneten Pfeile geben die Strömungsrichtung des jeweiligen Strömungsmediums an.

In den Luftzuführungsstrang 62 sind der Reihe nach ein Saugzuggebläse 70, die Sekundärseite eines ersten Luftvorwärmers 72, die Sekundärseite eines zweiten Luftvorwärmers 74 und die Luftstrahlpumpe 32 eingebaut. In den Brennstoffzuführungsstrang 64 sind ausgehend von dem Erdgasspeicher 76 ein Saugzuggebläse 78 und die Sekundärseite eines Vorreformers 80 eingebaut. Der Abluftstrang 66 beginnt am Zentralraum 16 und führt über die Primärseite des Vorreformers 80 zu einem Brenner 82. Der Abgasstrang 68 mündet ausgehend von den Hochtemperaturbrennstoffzellenstapeln 4, 6 direkt in den Brenner 82. Von dem Brenner 82 aus werden der Abgasstrang 68 und der Abluftstrang 66 gemeinsam der Reihe nach durch die Primärseite des zweiten Luftvorwärmers 74, die Primärseite eines Dampferzeugers 84, die Primärseite des ersten Luftvorwärmers 72 und schließlich in einen Kamin 86 geführt. Von der Sekundärseite des Dampferzeugers 84 ausgehend mündet eine Dampfzuführungsleitung 90 über ein Ventil 88 in den Brennstoffzuführungsstrang 64, und zwar in Strömungsrichtung des Erdgases zwischen dem Saugzuggebläse 78 und der Sekundärseite des Vorreformers 80. Außerdem ist an der Dampfzuführungsleitung 90 eine Dampfauskopplung 92 angeschlossen, die zu einer hier nicht weiter dargestellten Turbine zur Stromerzeugung führt.

Beim Betrieb der Kraftwärmekopplungsanlage 60 mit einer Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage 1 mit einer elektrischen Leistung von etwa 100 kW wird der



Luftstrahlpumpe 32 etwa 700° heiße Luft mit einem Massenstrom von etwa 60 g pro Sekunde nahezu drucklos zugeführt. Hierbei wurde die Luft über den Luftzuführungsstrang mittels des Saugzuggebläses befördert und auf den Sekundärseiten des ersten und zweiten Luftwärmers 72, 74 auf die genannte Temperatur erwärmt. Außerdem wird der Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage 1 mittels des Saugzuggebläses 78 aus dem Erdgasspeicher 76 entnommenes Erdgas mit einer Temperatur von etwa 1000° zugeführt. Die Temperatur des Erdgases wird auf der Sekundärseite des Vorreformers 80 eingestellt. Hier wird auch das Erdgas zu etwa der Hälfte vorreformiert. Durch die Einbringung von Dampf über die Dampfzuführungsleitung 90 und das Ventil 88 in das Erdgas wird infolge der Reformierung des Erdgases in den Vorreformer 80 und aufgrund der hohen Temperaturen jede Rußbildung vermieden.

In der Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage 1 läuft dann unter Verbrauch von Luftsauerstoff und Wasserstoff die bereits beschriebene Verbrennungs-Reaktion ab. Dabei beträgt der luftseitige Massenstrom in dem Ringraum 28 etwa 180 g pro Sekunde. Mittels der Luftstrahlpumpe 32 werden dabei etwa 120 g pro Sekunde der im Zentralraum 16 befindlichen Luft 16 in den Ringraum 28 und damit in die Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel 4, 6 rezirkuliert. Das Erdgas wird zu etwa 80% in der Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage 1 verbraucht und über den Abgasstrang 68 in den Brenner 82 eingeleitet. Über den Abluftzug 66 wird die noch im Zentralraum befindliche Luft über die Primärseite des Vorreformers 80, wobei der Wärmeinhalt der Abluft in vorteilhafter Weise zur Vorreformierung des Erdgases benutzt wird, ebenfalls in den Brenner 82 eingeleitet.

In den Brenner 82 werden die noch im Gasgemisch 44 enthaltenen Wasserstoffmoleküle und Kohlenwasserstoffe zusammen mit dem noch in der Abluft 22 enthaltenen Sauerstoff verbrannt. Der Wärmeinhalt des Brennerabgases im Abluft-Abgasstrang 66, 68 wird zunächst teilweise in dem zweiten Luftvorwärmer 74 auf die zugeführte Luft zur Vorwärmung übertragen, dann in dem Dampfzeuger 84 zur Dampfzeugung genutzt und anschließend in dem ersten Luftvorwärmer zur anfänglichen Temperaturerhöhung der der Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage 1 zugeführten Luft genutzt. Das weitgehend abgekühlte Brennerabgas wird anschließend über den Kamin 86 ins Freie geführt.

In Fig. 5 ist der in Fig. 3 dargestellte Ausschnitt nochmals dargestellt. Im Gegensatz zu Fig. 3 ist jedoch der Brennstoffzellenstapel 14 gegen einen Brennstoffzellenstapel 94 ausgetauscht, der aus zehn übereinander angeordneten Teilstapeln 94a bis 94j besteht (vergleiche Fig. 6). In einer Ebene 96 des Hochtemperaturbrennstoffzellenstapels 94 sind nun 16 Hochtemperaturbrennstoffzellen 96a bis 96p angeordnet. Diese Hochtemperaturbrennstoffzellen 96 bis 96p werden ebenso wie die Brennstoffzellen 50 bis 50t der Fig. 3 im Kreuz-Gleichstrom von dem Abluft/Luftgemisch 22, 36 und dem Gasgemisch 44, das im wesentlichen Wasserstoff enthält, durchströmt. Kathodenseitig, also auf der Luftseite, werden in der Ebene 96 vier parallele Kanäle mit jeweils vier in Reihe geschalteten Hochtemperaturbrennstoffzellen durchströmt. Dies sind im einzelnen die Kanäle für die Hochtemperaturbrennstoffzellen 96a bis 96d, 96e bis 96h, 96i bis 96l und 96m bis 96p. Anodenseitig, d. h. auf der Wasserstoffgasseite, wird das Gasgemisch 44 im Kreuz-Gleichstrom zu dem Abluft/Luftgemisch 22, 36 geführt und zwar der Reihe nach durch die Hochtemperaturbrennstoffzellen 96a, e, i, m, n, j, f, b, c, g, k, o, p, l, h,

d.

Dieser Aufbau der Ebene 96 erlaubt es, die Brennstoffzuführungsleitung 40 und die Abgasleitung 42 auf derselben Seite des Teilstapels 94a zu führen. Wie Fig. 6 verdeutlicht, sind die Teilstapel 94a bis 94j abwechselnd auf gegenüberliegenden Seiten an die Brennstoffzuführungsleitung 40 und die Abgasleitung 42 angeschlossen. Auf diese Weise wird es besonders einfach, einen defekten Teilstapel aus dem Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel 94 zu entfernen.

Des weiteren ist die Herstellung eines kleineren Teilstapels 94a bis 94j erheblich einfacher als die Herstellung eines einzigen großen Stapels, weil im besonderen bei dem Verlöten der einzelnen Brennstoffzellen zu einem festen Stapel nicht unerhebliche Schwerkrafteffekte durch das Eigengewicht der übereinander aufgestapelten Hochtemperaturbrennstoffzellen wirken. Der Betrieb einer Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage 1 mit den in Fig. 5 und 6 gezeigten Teilstapeln ist auch sicherer gegenüber den aus einem einzigen Block bestehenden Brennstoffzellenstapel 4 bis 14, weil im Fall von Undichtigkeiten lokale Abbrände von Sauerstoff und Wasserstoff auf den relativ kleinen Bereich eines Teilstapels 94a bis 94j begrenzt bleibt.

Die in den Ausführungsbeispielen gezeigte Reaktorvariante mit einer Leistung von 100 kW läßt sich ohne weiteres selbst bei drucklosem, also atmosphärischen, Betrieb auf 400 bis 600 kW steigern. Hierzu kann beispielsweise die Zahl der ringförmig angeordneten Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel 4 bis 14, 94 von im Ausführungsbeispiel sechs Stapeln auf zwölf Stapel verdoppelt werden. Des weiteren können mehrere Reaktorbehälter 2 übereinander angeordnet sein.

#### Patentansprüche

1. Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage (1) mit einem Behälter (2) und mit mindestens einem in dem Behälter (2) angeordneten Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel (4—12), bei der der Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel (4—14, 94) zumindest Bestandteil einer Abtrennung ist, die im Behälter (2) einen Luftzutrittsraum (18), dem Luft-einlässe der Hochtemperaturbrennstoffzellen zugeordnet sind, und einen Luftaustrittsraum (16), dem Luftauslässe der Hochtemperaturbrennstoffzellen zugeordnet sind, voneinander gasdicht getrennt.
2. Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Abtrennung mindestens eine Stelle vorgesehen ist, an der die im Luftaustrittsraum (16) befindliche Luft (22) mittels der in den Luftzutrittsraum (28) einströmenden Luft (36) zumindest teilweise rezirkulierbar ist.
3. Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel (4—14, 94) ringförmig unmittelbar aneinander angrenzend angeordnet sind.
4. Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß Labyrinthkanäle (18, 24) als Mittel zur Abtrennung und/oder Dichtung eingesetzt sind.
5. Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 4, gekennzeichnet durch eine Luftstrahlpumpe (32) zur Rezirkulation der im Luftaustrittsraum (16) befindlichen Luft (22).

6. Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftstrahlpumpe (32) mittels im kalten Zustand verdichteter und daran anschließend vorgewärmter Luft (36) betrieben ist. 5
7. Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftstrahlpumpe (32) zentral im Luftaustrittsraum (16) in Richtung des Luftzutrittsraumes (28) blasend angeordnet ist. 10
8. Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb eines Hochtemperaturbrennstoffzellenstapels (14, 94) mehrere Hochtemperaturbrennstoffzellen (50a—50t, 96a—96p) in einer Ebene senkrecht zur Stapelrichtung angeordnet und im Kreuzgleich- oder Kreuzgegenstrom von einem Brenngas (44) und Luft (22, 36) durchströmt sind. 15
9. Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Hochtemperaturbrennstoffzellenstapel (94) in mehrere, übereinander angeordnete Teilstapel (94a bis 94j) unterteilt ist. 20
10. Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusammensetzung von Kathode und Anode der Hochtemperaturbrennstoffzellen (50a—50t, 96a—96p) oder deren Belegung mit katalytischem Material bei strömungsmäßig in Serie geschalteten Hochtemperaturbrennstoffzellen unterschiedlich ist. 25 30
11. Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß mittels des Wärmeinhaltes der nicht aus dem Luftaustrittsraum (16) in den Lufteintrittsraum (28) rezirkulierten Luft (22) bedarfsweise das Brenngas (44) vor- oder teilreformierbar ist. 35

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

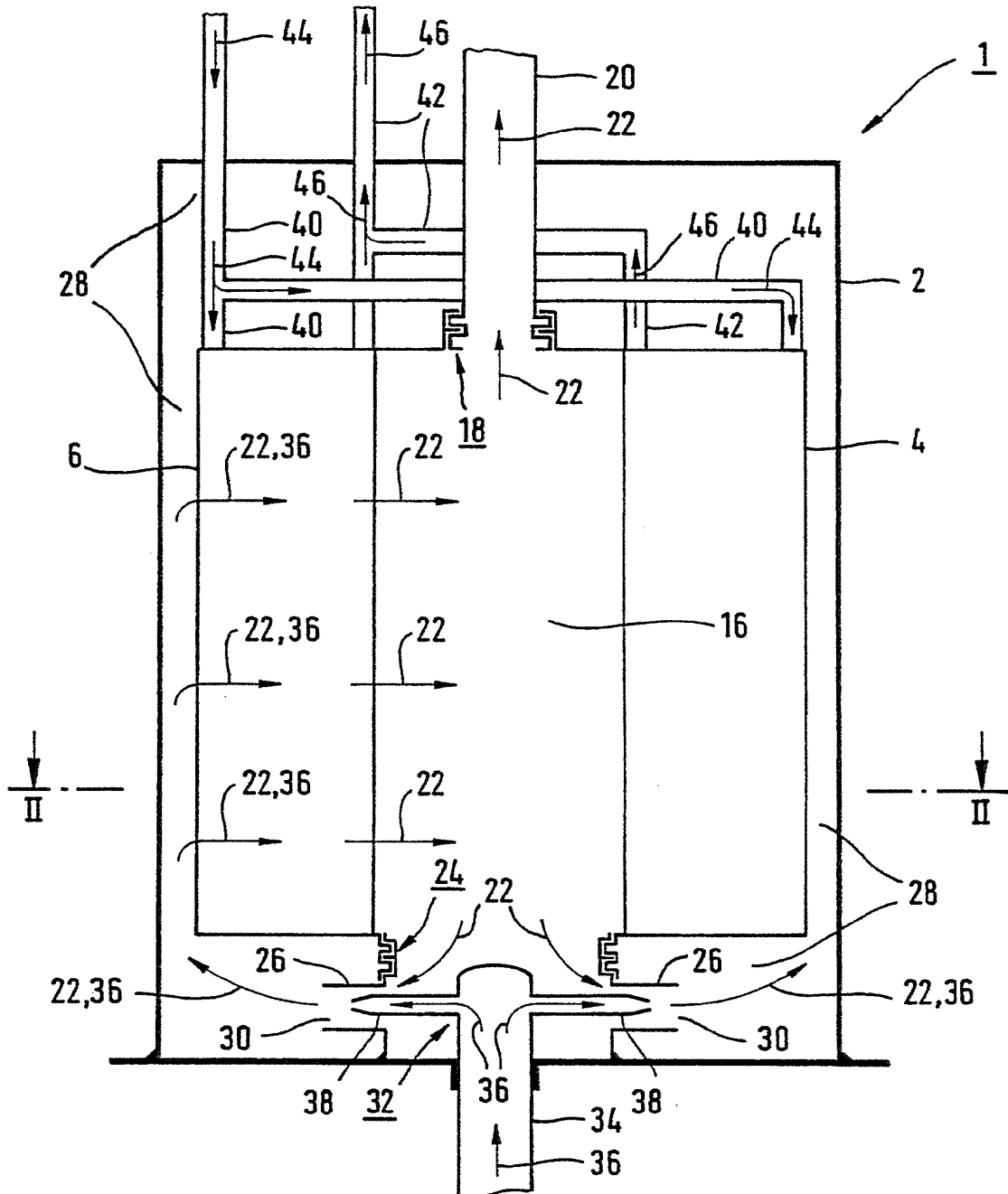


FIG 1

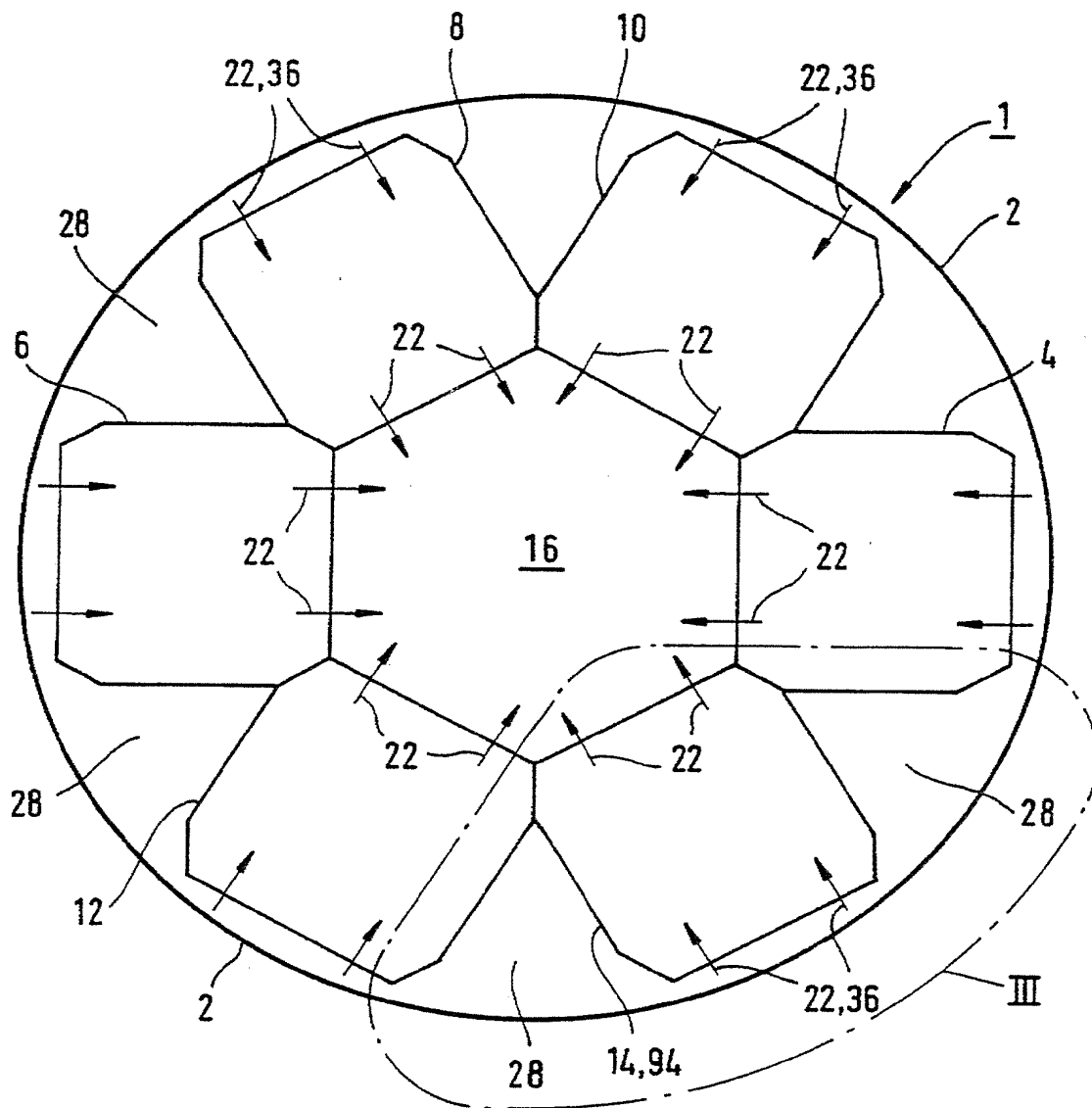


FIG 2

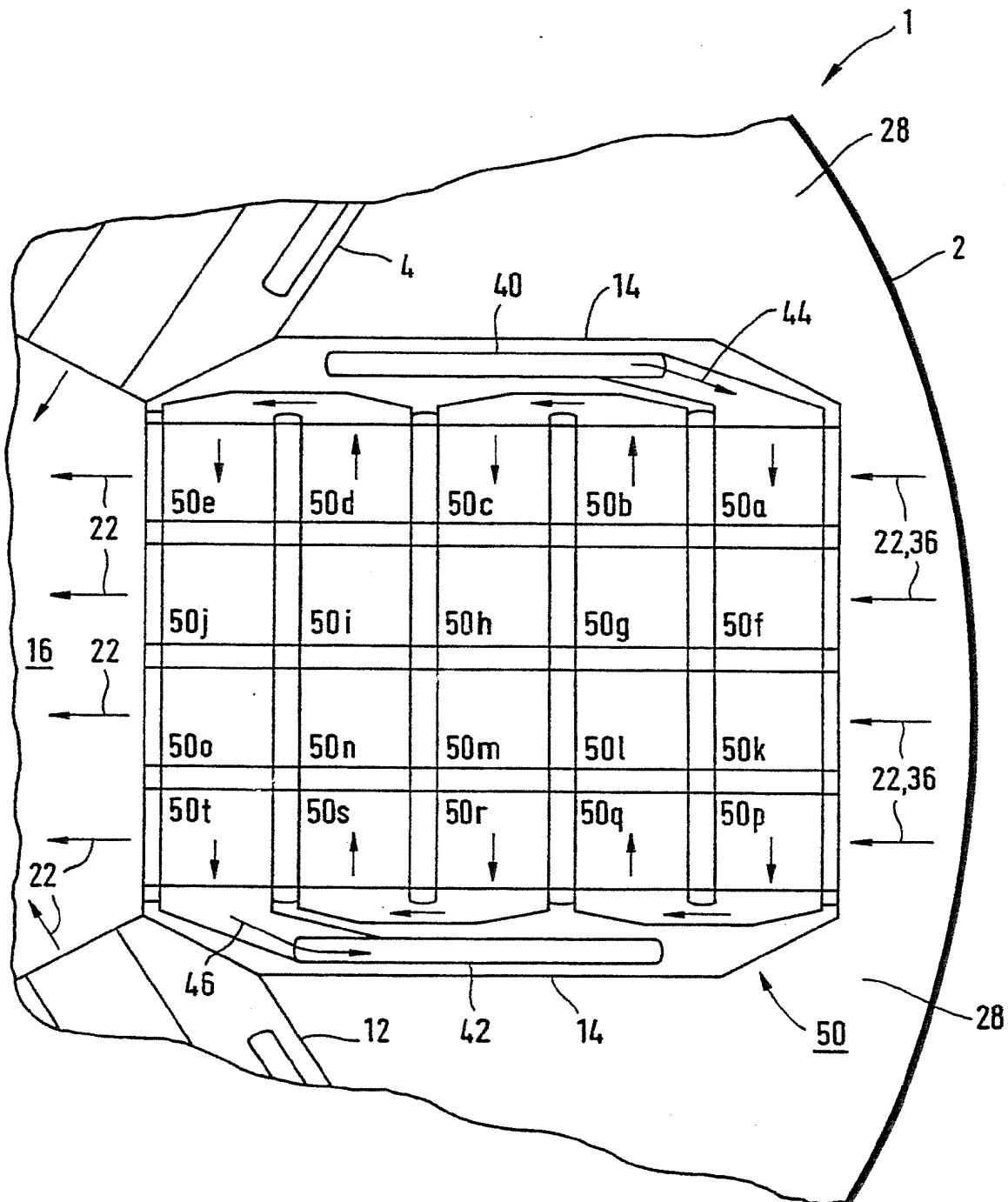
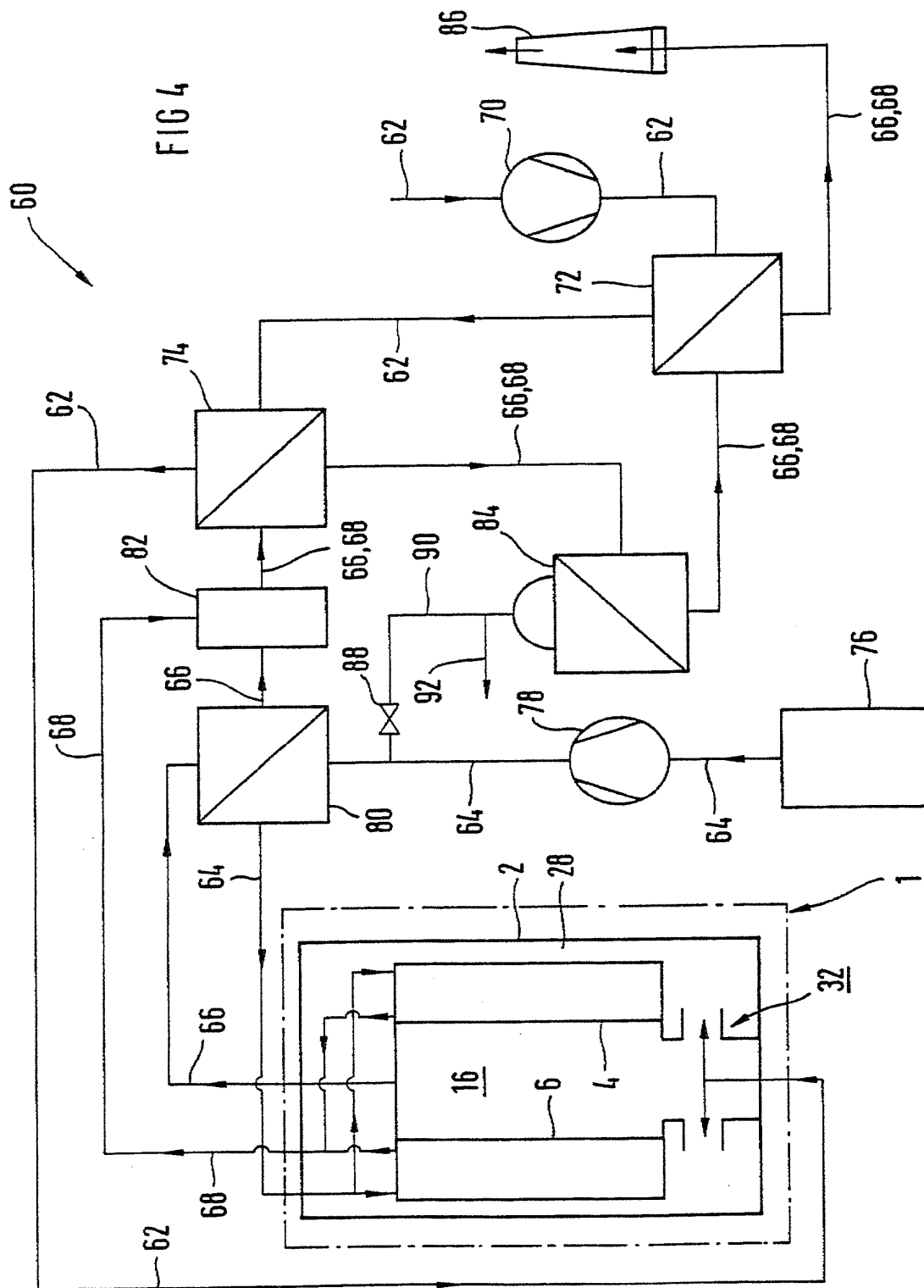


FIG 3



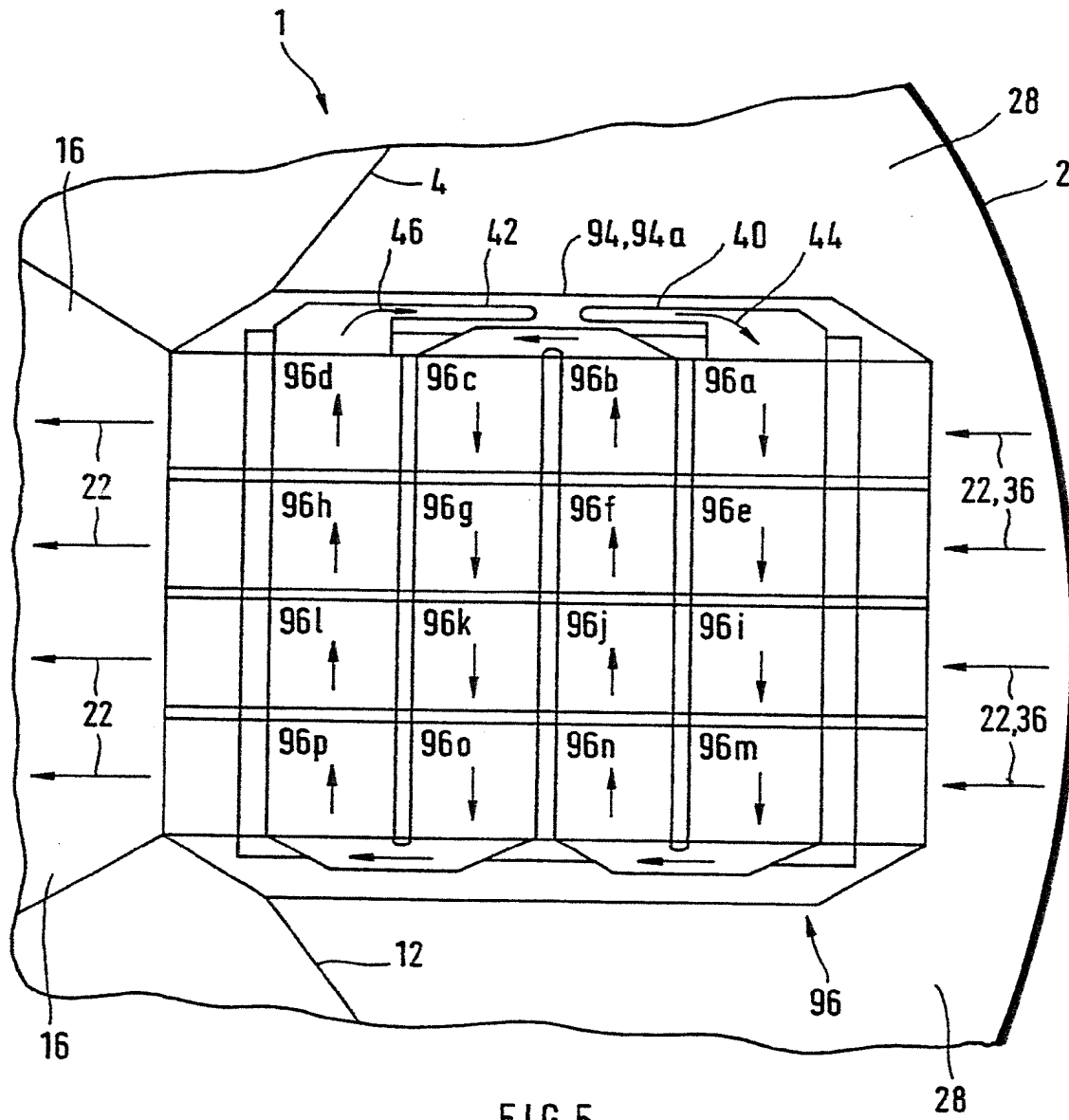


FIG 5

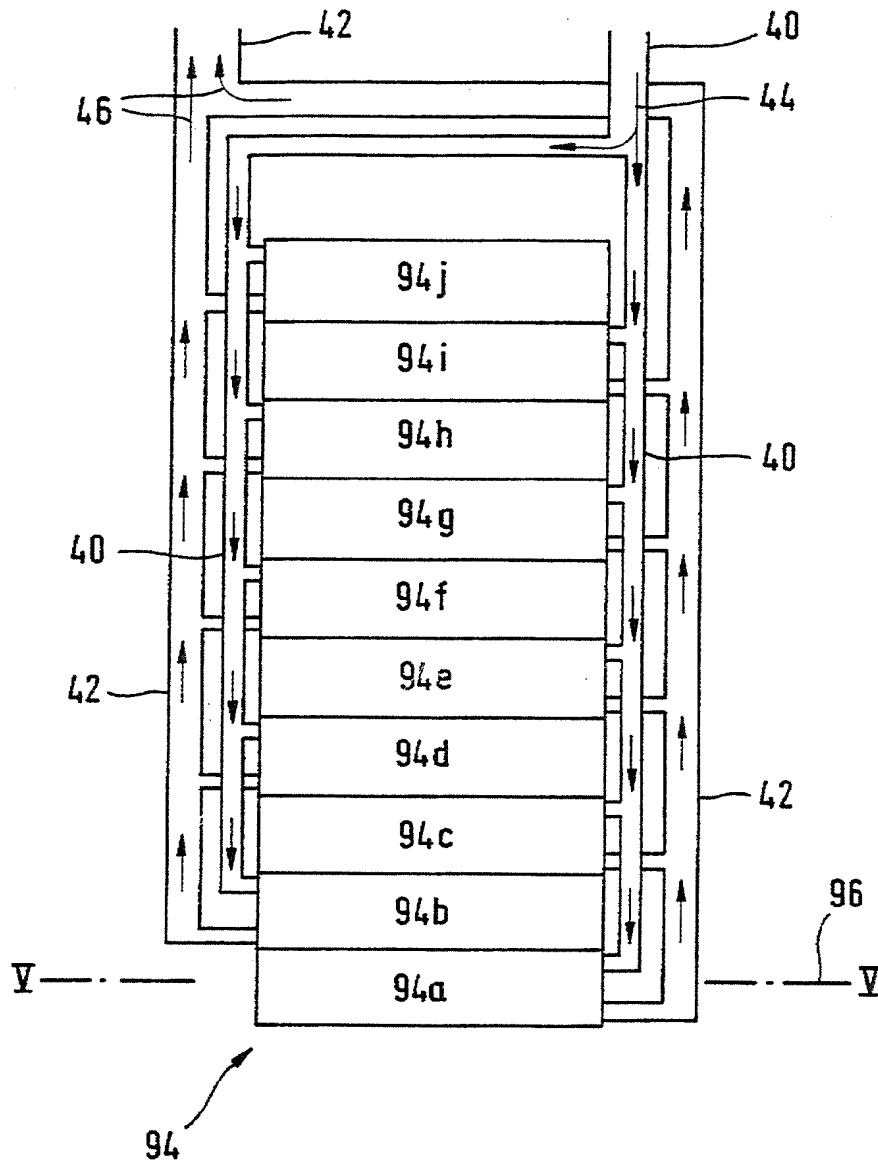


FIG 6